

Инженерная школа энергетики  
 Отделение Электроэнергетики и электротехники  
 Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Оценка стойкости пленочной изоляции к действию модулированного напряжения</b>
УДК 621.315.617

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6Л	Пунченко Дмитрий Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Леонов А.П.	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШБИП	Киселева Е.С.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Тютеева П.В.	К.Т.Н.		

### 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем</i> .
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты</i> .
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, <i>объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП Доцент ОЭЭ ИШЭ  
Тютеева П.В.

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5А6Л	Пунченко Дмитрию Олеговичу

Тема работы:

<b>Оценка стойкости пленочной изоляции к действию модулированного напряжения</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10.02.2020 г., № 41-34/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Изоляционные провода с пленочной изоляцией;</li> <li>ЧРП на базе ШИМ;</li> <li>система изоляции;</li> <li>электродная система;</li> </ul>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Состав и структура ЧРП на базе ШИМ</li> <li>• Уровень и влияние эксплуатационных нагрузок на обмотку, питающий кабель;</li> <li>• Существующие методы, введение электродной системы и технические средства для испытания КИ, применяемых в ЧРП;</li> <li>• Обсуждение результатов</li> <li>• Заключение.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	Презентация PowerPoint

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Киселева Светлана Леонидовна
«Социальная ответственность»	Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов А.П.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6Л	Пунченко Д.О.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А6Л	Пунченко Дмитрию Олеговичу

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа энергетики</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Электроэнергетики и электротехники</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- 30% премии; - 20% надбавки; - 16% накладные расходы; - 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды- 30,2%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Анализ конкурентоспособности технического решения с позиции ресурсоэффективности. -SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон проекта;
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	-Определение трудоемкости выполнения работ; -Расчет материальных затрат НИИ; -Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; -Отчисления во внебюджетные фонды; -Накладные расходы;
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценочная карта;
2. SWOT- анализ;
3. График Гантта;
4. Бюджета затрат научно-технического исследования.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОГСН ШБИП	Киселева Е.С.	к.э.н.		27.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5А6Л	Пунченко Дмитрий Олегович		27.02.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5А6Л	Пунченко Дмитрию Олеговичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

<b>Оценка стойкости пленочной изоляции к действию модулированного напряжения</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является комбинированно учебно-лабораторный стенд для проведения высоковольтных и высокочастотных испытаний изоляции обмоточных проводов и систем изоляции обмотки на стойкость к действию коронных разрядов..
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	-Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	-Анализ следующих вредных факторов: отклонение показателей микроклимата; повышенный уровень шума; недостаточная освещённость рабочей зоны
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	-Анализ воздействия объекта ВКР и области его использования ОС;
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Выбор и описание возможных ЧС: радиоактивное загрязнение, химическое и бактериальное заражение. Типичная ЧС – пожар

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6Л	Пунченко Дмитрий Олегович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 85с., 20 рис., 25 табл., 39 источников,

Ключевые слова: частотно-регулируемый привод, преобразователь частоты, широтно-импульсная модуляция, обмотка, коронные разряды, пленочная изоляция, короностойкость.

Объектами исследования являются: пленочная изоляция обмоточных провода марки: ППИУ-200.

Цель работы: провести сравнительную оценку стойкости изоляции к действию модулированного напряжения и напряжения промышленной частоты.

Проведены испытания по определению стойкости пленочной изоляции обмоточного провода к действию коронных разрядов на высокочастотном испытательном стенде. Описана оригинальная методика эксперимента по проведению испытаний.

## Оглавление

Введение.....	10
1. Литературный обзор .....	11
1.1. Назначение, номенклатура и свойства обмоточных проводов. ....	11
1.2. Особенности эксплуатации обмоток электрических машин при работе в составе частотно-регулируемого привода.....	17
1.4 Выводы, постановка задач на исследование .....	31
2. Методическая часть .....	33
2.1 Методика подготовки образцов.....	33
2.2 Разработка системы электродов .....	33
2.3 Методика определения короностойкости проводов с пленочной изоляцией .....	35
3. Экспериментальная часть.....	38
3.1 Объекты исследования .....	38
3.2. Определение среднего времени до пробоя обмоточных проводов с пленочной изоляцией при модулированным напряжении .....	39
3.3. Обсуждение результатов .....	41
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	44
4.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	44
4.2.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	46
4.2.3 SWOT – анализ .....	47
4.2.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	49
4.2.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	50
4.3 Инициация проекта .....	50
4.3.1 Организационная структура проекта .....	52



4.4 Планирование управления научно-техническим проектом.....	53
4.4.1 Контрольные события проекта .....	53
4.4.2 План проекта.....	54
4.4.3 Бюджет научного исследования .....	56
4.4.4 Реестр рисков проекта .....	61
4.5 Оценка научно-технического уровня разработки.....	62
Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	63
<b>5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>65</b>
Введение.....	65
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	66
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	66
5.2 Производственная безопасность.....	68
5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	69
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия.....	70
5.3 Экологическая безопасность.....	78
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
5.5 Выводы по разделу.....	80
Заключение .....	81
Список используемых источников.....	82

## **Введение**

В последнее время широко внедряется система частотного управления электроприводом, реализуемая с использованием преобразователя частоты (ПЧ) на базе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Как показал опыт применения подобных систем в ряде случаев отмечено снижения срока службы обмоток по причине ускоренного электротеплового старения изоляции. При эксплуатации установок центробежных электрических насосов отмечены перенапряжения. Эти перенапряжения влияют на обмотки погружных электродвигателей, а обмотки этих двигателей изготавливаются из обмоточных проводов с пленочной изоляцией. Для этой цели должны использоваться высококачественные тонкие электроизоляционные материалы с высокой нагрево – и влагостойкостью, электрической и механической прочностью, что позволяет улучшить использование активных и конструктивных материалов. [1]

В технической литературе недостаточно информации о влиянии модулированного напряжения на обмоточные провода с пленочной изоляцией. В связи с этим исследование влияния модулированного напряжения на электрофизические свойства пленочной изоляции позволит дать рекомендации по применению обмоточных проводов в обмотках электродвигателей, управляемых с помощью преобразователей частоты.

## **1. Литературный обзор**

### **1.1. Назначение, номенклатура и свойства обмоточных проводов.**

В связи с освоением месторождений нефти в Западной Сибири, Казахстане и на севере европейской части России, ростом глубины ее залегания и температуры окружающей среды возникла необходимость создания новой серии погружных электродвигателей с повышенными технико-экономическими показателями и рассчитанных на более высокую температуру окочиваемой жидкости. Решение такой задачи стало возможным с появлением нагревостойких электроизоляционных пленочных материалов на основе полиимидов, и в первую очередь комбинированных полиимидно-фторопластовых пленок. Основу комбинированной пленки составляет полиимидная пленка, процесс производства которой заключается в выдавливании тонкого слоя полиимидного лака на гладкую металлическую поверхность с его последующим затвердеванием. Пленка выпускается двух типов: с одно – и двухсторонним фторопластовым покрытием. При нагревании пленки после обмотки фторопластовые покрытия свариваются, обеспечивая плотность и герметичность изоляции. Повышенная стойкость полиимидной основы к продавливанию и истиранию обеспечивает меньшую повреждаемость полиимидно – фторопластовой изоляции обмоточных проводов по сравнению с фторопластовой при изготовлении методом протяжки провода в паз обмотки погружных электродвигателей насосов нефтедобычи.[4]

Обмоточные провода с пленочной изоляцией применяются в погружных электродвигателях. На смену обычным штанговым насосам, применяемым для добычи воды из артезианских скважин, нефти, перекачки нефтепродуктов и других жидких материалов, пришли погружные центробежные электронасосы (рисунок 1), у которых обмотка двигателя непосредственно подвергается герметизации и последующей заливкой масла.

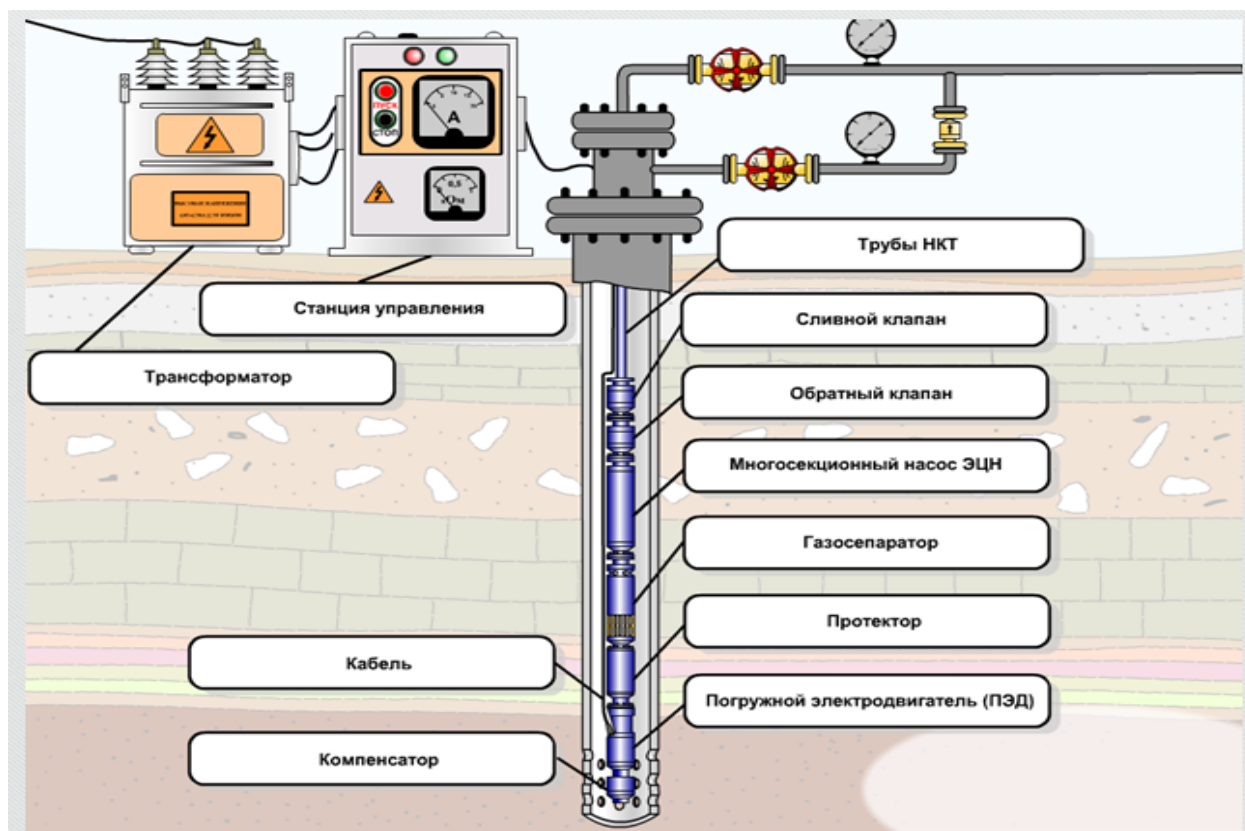


Рисунок 1 – Установка центробежного насоса

Условия работы погружного электродвигателя в скважине небольшого диаметра (до 425 мм) определяют особенности его конструкции – малый диаметр при большой длине, полностью закрытый паз. Подобная конструкция паза статора требует изготовления обмотки методом многократной протяжки провода, поэтому изоляция провода должна иметь высокую механическую прочность.

Одним из первых типов обмоточных проводов для таких условий эксплуатации явились провода с комбинированной эмалевой и пленочно-волокнуистой изоляцией, которые ранее применялись для производства погружных электродвигателей.

Высокая надежность обеспечивается при применении в качестве изоляции фторопластовых пленок, которые после наложения на проволоку обмоткой спекаются с помощью нагревами токами высокой частоты. Макромолекулы политетрафторэтилена имеют симметричную структуру, а полимер – высокую кристалличность (до 90%). Это обуславливает высокую температуру

разрушения кристаллов: при 327 °С кристаллиты переходят в аморфную фазу, полимер переходит в высокоэластичное состояние, спекаясь в монолитную прозрачную массу и не плавится при нагреве вплоть до температуры разложения, равной 415 °С. Однако сильная полярность связей и высокая симметричность строения обуславливают исключительно высокие диэлектрические свойства политетрафторэтилена, так как дипольный момент макромолекулы близок к нулю. Вследствие того, что политетрафторэтилен не плавится при нагреве и не растворяется ни в одном растворителе, пленку из него получают методом соотрагивания.

Пленка из политетрафторэтилена может длительно эксплуатироваться при температурах до 250 °С. Эта пленка обладает исключительно высокой стойкостью к действию любых растворителей или химических реагентов. Кроме того, фторопластовая пленка хладостойка: она обеспечивает работоспособность изоляции вплоть до -269°С. Недостаток пленки – хладотекучесть, т.е. способность к необратимой деформации под действием нагрузки практически при любых температурах за счет рекристаллизации.

Таблица 1.1. – Номенклатура и характеристики проводов с пленочной изоляцией

Марка провода	Конструктивные особенности	ТИ, [°С]
ППИ-У	Провод медный круглый с изоляцией из полиимидно-фторопластовой пленки	200
ППИ-П	То же, с прямоугольной проволокой	200
ППИК-Т	То же, с номинальной удвоенной толщиной 0,16 мм	200
ППИК-1	То же, с номинальной удвоенной толщиной 0,16 мм	200
ППИК-2	То же, с номинальной удвоенной толщиной 0,30 мм	200
ППЛБО	То же, с изоляцией из 3 – х слоев лавсановой пленки и одного слоя хлопчатобумажной пряжи с общей удвоенной толщиной 0,48...0,53 мм	105
ППЛЛО	То же, с наружным слоем из полиэфирной пряжи	155

Нагревостойкие обмоточные провода с пленочной изоляцией (рисунок 1.1) для погружных электродвигателей выпускаются следующих марок: ППФИ – с

изоляцией из ленточного фторопласта – 4 и полиимидно – фторопластовой пленки, ППИ, ППИУ – с изоляцией из полиимидно- фторопластовой пленки, ПЭИ – 200 – с изоляцией из полиамидимидного лака и полиимидно – фторопластовой пленки.



Рисунок 1.1 – Обмоточный провод с пленочной изоляцией

Провода марки ППФИ выпускаются диаметром 1,7 – 3,15 мм. Изоляция их состоит из неориентированных пленок фторопласта – 4, поверх которых наложена полиимидно – фторопластовая пленка, обеспечивающая повышенную механическую прочность изоляции провода при протяжке в пазы статора электродвигателя, общая двухсторонняя толщина изоляции провода составляет 0,95 мм.

Провода марок ППИ-У, ПЭИ – 200 выпускаются диаметром 2,0 – 3,15 мм. Удвоенная толщина изоляции проводов марок ППИ, ППИУ не превышает 0,5 мм, что достигается в первую очередь за счет применения тонких полиимидно – фторопластовых пленок. Применение в конструкции изоляции нагревостойкого полиамидимидного лака в комбинации с полиимидно – фторопластовой пленкой позволило снизить двухстороннюю толщину изоляции в проводах ПЭИ – 200 до 0,32 мм.

Провода марок ППФИ должны выдерживать после пребывания в воде с температурой 25 °С в течение 24 ч испытание переменным напряжением 3,5 кВ в течение 1 мин и иметь сопротивление изоляции не ниже 200 МОМ/км. Пробивное напряжение изоляции проводов ППИ, ППИ-У должно быть не менее

12 кВ, проводов ПЭИ – 200 – 10 кВ. Кроме того, в процессе производства провода должны выдерживать испытательное напряжение 8 кВ (провода марок ППИ, ППИ – У) и 4 кВ (провода марки ПЭИ – 200). Средний ресурс проводов марок ППФИ в маслозаполненных электродвигателях составляет 20000 ч., в водозаполненных – 5000 ч.

В последнее время все более широкое применение при изготовлении обмоток электродвигателей прокатных станков, электровозов, моторов колес находят провода прямоугольного сечения с изоляцией из полиимидно-фторопластовых пленок типа ППИП и ППИПК. Удвоенная толщина изоляции этих проводов в зависимости от требований, предъявляемых потребителем от 0,16 до 0,40 мм. Сечение проводов 30 – 60 мм<sup>2</sup>.

Провода типа ППИП должны выдерживать испытание напряжением от 1,5 кВ до 4 кВ (в зависимости от толщины изоляции) переменного тока частотой 50 Гц в течение 1 мин в воде после выдержки в ней при температуре 20 °С в течение 3 ч.

Пробивное напряжение изоляции проводов типа ППИК при испытаниях в металлических шариках должно быть 750 – 2300 В (в зависимости от толщины изоляции).

Ресурс работы проводов типа ППИП, ППИК при температуре, соответствующей температурному индексу 200, составляет 20000 ч.

Изоляция проводов должна обладать следующими характеристиками:

- 1) иметь механические прочные свойства
- 2) повышенные характеристики адгезии к проволоке
- 3) устойчивость на истирание, эластичность
- 4) устойчивость на большие температурные нагрузки
- 5) иметь высокие электрические показатели

Пленки обычно гибкие и тонкие материалы при малой толщине изоляции, показывающие высокие диэлектрические и механические свойства. Благодаря таким характеристикам можно наблюдать, что данный тип изоляции в

производстве массово применяется для кабельных изделий, электрических машин, конденсаторов и аппаратов.

У полярных пленок более высокие показатели  $\epsilon$  и  $\operatorname{tg}\delta$ . В основном данный тип пленок используется в машинах постоянного и переменного тока.

Kapton – марка первой полиимидной пленки, разрабатывалась в США в 1960 году. На данный момент самые распространенные марки данной пленки: Kapton FN/HN. Тип HN – это 100% полиимидная пленка, ее толщина может достигать от 8 до 130 мкм. Данный вид пленки помимо лакировки, можно также ламинировать и формовать. Отличные показатели эксплуатационных свойств и характеристика прочности при растяжении сохраняются даже при долгой выдержке в кипящей воде. Пленка марки Kapton HN/FN из состава полиимида-фторопласта обычно выпускается толщиной от 20 до 150 мкм.

Имеются также пленки, выпущенные на территории России, разработанные еще при СССР. Речь идет о пленках марки ПМ-А, ПМ-Б. Далее рассмотрим их технические показатели. ПМФ – 351, ПМФ – 352 пленки, которые выпускают в России, они могут быть с односторонним либо двухсторонним фторопластовым покрытием. Наиболее встречаемая изоляция проводов в обмотках ПЭД – пленочно-фторопластовая и полиимидно-фторопластовая. Данные провода могут использоваться в водонаполненных электродвигателях напряжением 380В.

- Максимальная рабочая температура жилы [ $^{\circ}\text{C}$ ] 200
- Механическая прочность изоляции, число двойных ходов иглы, средн./миним. 150/125
- Пробивное напряжение [В] 12000
- Температура окружающей среды, нижний предел [ $^{\circ}\text{C}$ ] -60
- Электрическое сопротивление изоляции, не менее [ $\text{МОм}\cdot\text{км}$ ] 200

Формально к пленкам относят листовой или рулонный материал толщиной до 0,25 мм и шириной более 100 мм. Узкие пленки называются лентами.



Практически термин “пленки” используют для тонких листовых материалов, обладающих хорошей гибкостью. [4]

## 1.2. Особенности эксплуатации обмоток электрических машин при работе в составе частотно-регулируемого привода

В последние годы широко распространен частотный метод плавного регулирования электроприводов, построенных на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (рисунок 1.2). Частотный преобразователь (преобразователь частоты) — это устройство, состоящее из выпрямителя (моста постоянного тока) и инвертора (преобразователя). Выпрямитель преобразует переменный ток промышленной частоты в постоянный [1]. Инвертор с помощью ШИМ (широтно-импульсная модуляция), преобразует постоянный ток в переменный, необходимой частоты и амплитуды.

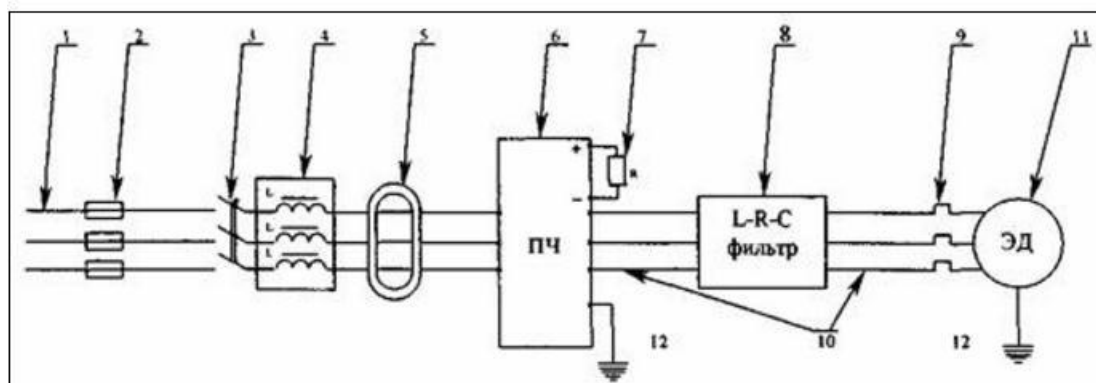


Рисунок 1.2 – Блок-схема частотно-регулируемого привода; 1 – сетевой кабель, 2 – сетевые предохранители, 3 – автоматический выключатель, 4 – сетевой фильтр, 5 – фильтр радиопомех, 6 – преобразователь частоты, 7 – тормозной резистор, 8 – синус (с короткозамкнутым ротором), 9 – тепловое реле, 10 – кабель двигателя, 11 – асинхронный двигатель дроссель, 12 – заземление

Как видно из рисунка, частотно-регулируемый привод должен быть рассмотрен в совокупности с источником питания, переключающими устройствами, сетевыми кабелями, кабелями двигателя, кабелями управления, фильтрами, заземлением, дополнительными устройствами, электродвигателем,

преобразователем частоты, а также установлены условия их установки на месте и режимы работы всего оборудования.

Силовая часть такого ПЧ состоит из регулируемого выпрямителя, фильтра и автономного инвертора на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В промежуточной цепи (шине постоянного тока) привода синусоидальное напряжение питания преобразуется в постоянный ток. Для генерации выходного напряжения, соответствующего техническим характеристикам двигателя и требуемого значения тока, используется полупроводниковый ключ. Современные полупроводниковые ключи, используемые в регулируемых электроприводах, характеризуются исключительно высокой скоростью перехода от открытого состояния к замкнутому, что проявляется в резких скачках напряжения до 10 кВ/мкс. В

На рисунке 1.3 представлен импульсный сигнал с крутым фронтом, который возбуждает волновые процессы в кабеле, что приводит к появлению перенапряжений на клеммах двигателя

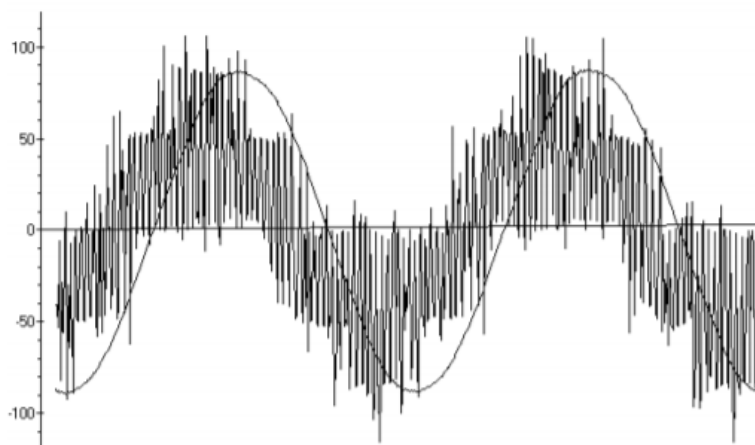


Рисунок 1.3 – Импульсы прямоугольной формы с высоким значением перенапряжения

Существует 2 основных вида преобразователей частоты: с непосредственной связью и с промежуточным контуром постоянного тока. В первом случае выходное напряжение синусоидальной формы создается из

участков синусоид преобразуемого входного усилия. Максимальное значение выходной частоты принципиально никак не может являться равным частоте питающей сети. Частота на выходе преобразователя данного типа, как правило находится в диапазоне от 0 до 2500 Гц. Однако максимальное распространение приобрели преобразователи частоты с промежуточным контуром постоянного тока, произведенные на базе инверторов напряжения (рисунок 1.4).

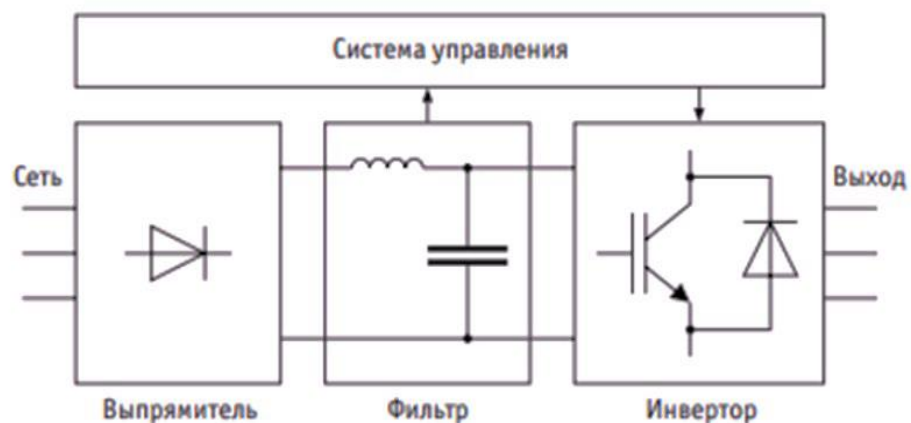


Рисунок 1.4 – Структурная схема преобразователя частоты

Переменное напряжение сети преобразуется с помощью диодного выпрямителя, а далее сглаживается в промежуточной цепи индуктивно-ёмкостным фильтром. И, в конечном итоге, инвертор, выходной каскад которого как правило выполняется на базе IGBT модулей, осуществляет обратное преобразование из постоянного тока в переменный, снабжая формирование выходного сигнала с необходимыми значениями напряжения и частоты. Зачастую в инверторах используется метод высокочастотной широтно-импульсной модуляции (ШИМ). ШИМ (широтно-импульсная модуляция) – это способ управления подачей мощности к нагрузке. ШИМ (широтно-импульсная модуляция) – это способ управления подачей мощности к нагрузке. Управление заключается в изменении длительности импульса при постоянной частоте следования импульсов. ШИМ (широтно-импульсная модуляция) – это способ управления подачей мощности к нагрузке. ШИМ (широтно-импульсная модуляция) – это управление подачей мощности к нагрузке.

Управление заключается в изменении длительности импульса при постоянной частоте следования импульсов.

Широтно-импульсная модуляция бывает аналоговой, цифровой, двоичной и троичной. Использование широтно-импульсной модуляции дает возможность увеличить коэффициент полезного действия электрических преобразователей, в особенности это касается импульсных преобразователей, составляющих на сегодняшний день основу вторичных источников питания разных электронных аппаратов. Обратноходовые и прямо ходовые одноктактные, двухтактные и полумостовые, а кроме того, мостовые импульсные преобразователи управляются на сегодняшний день с участием ШИМ, касается это и резонансных преобразователей. В качестве коммутационных элементов, в нынешних высокочастотных преобразователях, используются биполярные и полевые транзисторы, работающие в ключевом режиме. И таким образом, как в переходных состояниях, длящихся лишь десятки наносекунд, выделяемая на ключе мощность незначительна, по сравнению с коммутируемой мощностью, в таком случае средняя мощность, выделяемая в виде тепла на ключе, в результате оказывается незначительной.

Широтно-импульсная модуляция бывает аналоговой, цифровой, двоичной и троичной. Использование широтно-импульсной модуляции дает возможность увеличить коэффициент полезного действия электрических преобразователей, в особенности это касается импульсных преобразователей, составляющих на сегодняшний день основу вторичных источников питания разных электронных аппаратов. Обратноходовые и прямо ходовые одноктактные, двухтактные и полумостовые, а кроме того, мостовые импульсные преобразователи управляются на сегодняшний день с участием ШИМ, касается это и резонансных преобразователей. В качестве коммутационных элементов, в нынешних высокочастотных преобразователях, используются биполярные и полевые транзисторы, работающие в ключевом режиме. И таким образом, как в переходных состояниях, длящихся лишь десятки наносекунд, выделяемая на

ключе мощность незначительна, по сравнению с коммутируемой мощностью, в таком случае средняя мощность, выделяемая в виде тепла на ключе, в результате оказывается незначительной.

Таким образом к преобразователь частоты обладает: значительной точностью регулирования, равным наибольшим пусковым моментом, возможностью удаленной диагностики привода по промышленной сети, высоким ресурсом оборудования, плавным запуском двигателя, то что существенно сокращает его износ, частотно регулируемый привод как правило включает в себя ПИД-регулятор и способен подключаться напрямую к датчику регулируемой величины, управляемое торможение и автоматический повторный запуск при пропадании сетевого напряжения, подхватывание вращающегося электродвигателя, регулирование скорости вращения при изменении нагрузки, дополнительная экономия электричества от оптимизации возбуждения электродвигателя, возможность рекуперации электроэнергии при торможении двигателя.

Несмотря на все свои плюсы использования частотно регулируемого электропривода так же имеются и ряд недостатков: Гармонические преломления питающей электронной сети. Причинами возникновения высших гармоник являются имеющие в составе ЧРП нелинейные входные цепи (выпрямительный мост), которые потребляют импульсный ток. Электромагнитные помехи. На выходе устройство ЧРП дает широтно-модулированные прямоугольные импульсы напряжения, получаемые с помощью сверхбыстрых полупроводниковых ключей (IGBT). Данные импульсы формируют обширный диапазон индукционных помех. Происходит излучение помех, а кроме того, их продвижение согласно абсолютно всем контурам. Для того чтобы уменьшить уровень помех в согласовании с общепризнанными нормами IEEE и ГОСТ, нужна установка добавочных фильтров.[5]

Скачки напряжения, образующиеся в следствии переотражения. Большие рабочие частоты и весьма активное переключение напряжения прикладывают

вспомогательные требования на длину монтажного кабеля. Импульсы напряжения, генерируемые ЧРП, поступают на клеммы электродвигателя в виде отраженных волн. Отражение волн от концов кабеля способен послужить причиной к двойному увеличению выходящего напряжения электропривода. Аналогичные процессы весьма негативно влияют на электрическую изоляцию. Всё это приводит к внезапному уменьшению срока работы изоляции кабеля.

Короностойкость диэлектрика – это способность переносить влияние коронного разряда в отсутствии недопустимого смещения в худшую сторону свойств. Корона может быть сформирована с течением периода из-за износа электродов и старения изоляции. Под влиянием короны и химических соединений, совершается эрозия изоляционного материала, что в дальнейшем приводит к пробое и изоляция не выдерживает дальнейшего проложенного напряжения.

Существуют дополнительные требования к эксплуатации: показатели рабочей частоты и значение напряжения могут меняться в зависимости от длины монтажного кабеля. ЧРП генерирует импульсы напряжения в виде отраженных волн, и как следствие, эти импульсы поступают на клеммы двигателя. Отражение волн от концов кабеля может послужить причиной к двойному увеличению выходящего напряжения электропривода. [5] Подобные процессы чрезвычайно неблагоприятно сказываются на электрической изоляции. Следовательно, это может привести изоляцию кабеля к уменьшению срока службы. При работе привода появляются электрические нагрузки значительной интенсивности, которые функционируют на изоляцию в протяжении всего периода эксплуатации при рабочей температуре. Электроизоляционные материалы проводных продуктов должны обладать нужной стойкостью к частичным разрядам, к дугостойкости, к коронным разрядам, а кроме того, к воздействию электротеплового старения. [2] При высокой напряженности электрического поля в единичных составляющих изоляции имеют все шансы происходить разряды (пробой), которые никак не приводят к абсолютному пробое электроизоляционной конструкции. Помимо этого, был определен ряд проблем,

связанных с разработкой, испытанием и использованием короннотстойких систем изоляции, разрешение которых обеспечит нужный уровень надежности в период работы. Под влиянием коронного разряда диэлектрик со временем разрушается, характер и уровень разрушения в зависимости от интенсивности ч.р, от свойств и вида изоляции. Разрушения связаны с разрывом молекулярных взаимосвязей и образованием радикалов; кроме того, вероятен обратный процесс: укрупнение молекул либо добавление радикалов. Данные явления связаны с высвобождением водорода либо других газов: метана, ацетилена, диоксида углерода, допустимо формирование углеродных соединений. Подавляющее большинство современных преобразователей частоты (ПЧ), выпускаемых как зарубежными, так и отечественными производителями, структурно представляют собой автономный инвертор напряжения, на выходе которого формируется напряжение синусоидальной формы методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Сложность процессов, протекающих в силовом канале частотно-регулируемого электропривода, устанавливает повышенные требования к его электромагнитной совместимости (ЭМС) с иным электрооборудованием, размещенным рядом. В частности, одним из недостатков аналогичных систем, особенно при присутствии кабелей значительной длины, соединяющих преобразователи частоты с двигателями, является то, что они являются довольно сильными источниками электромагнитных помех, какие имеют все шансы негативно воздействовать как на саму систему электропривода, так и на расположенное возле нее оборудование. Влияние перенапряжений оказывает отрицательное воздействие на изоляцию как обмоток двигателя, так и кабеля, то что приводит к её преждевременному износу, который, в свою очередь, способен послужить причиной к пробое изоляции и их выходу из строя.

Можно отметить следующие обязательные условия для обеспечения надежной работы электрической изоляции кабельных линий и обмоток двигателя:

1. На выходе инвертора, для уменьшения крутизны фронта импульсов его выходного напряжения, используется параллельный (слаботочный) RC-фильтр;
2. Ограничения перенапряжений, непосредственно у зажимов двигателя, для согласования волнового сопротивления кабеля, для этого применяется параллельный (слаботочный) RC-фильтр
3. Применение специальных кабельных и обмоточных проводов, устойчивых к электрическим нагрузкам при частотном управлении.

### **1.3. Обзор методов испытаний обмоточных проводов с пленочной изоляцией.**

При работе электропривода появляются электрические нагрузки значительной интенсивности, которые действуют на изоляцию в течение всего времени эксплуатации при рабочих температурах.

Электроизоляционные использованные материалы кабельных изделий должны обладать нужной стойкостью к частичным разрядам, к дугостойкости, к коронным разрядам, а кроме того, к воздействию электротеплового старения.

Если дефект находится ближе к наружной поверхности изоляции, к более высокому потенциалу, в таком случае частичный разряд будет более на положительной полуволне питающего напряжения и менее на отрицательной. В случае если дефект находится ближе к «земляному» потенциалу, в таком случае наоборот, разрядов станет больше на отрицательной полуволне питающего напряжения.



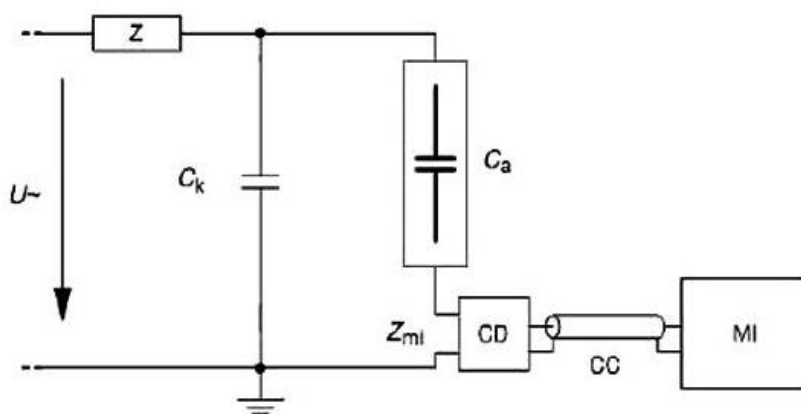


Рисунок 1.5 – Испытательная схема для измерения частичных разрядов

Испытания проводятся на установке, разрешающей отделять импульсы частичных разрядов от приложенного напряжения переменного тока частотой 50 Гц, среди токопроводящей жилой и экраном. Установка состоит из высоковольтного трансформатора, генератора, киловольтметра и осциллографа.

Чувствительность установки не ниже 2 пКл. Разделка и подключения проводов проделывались, таким образом, чтобы были исключены разряды в концах образцов. Напряжение начала частичного разряда в изоляции обуславливалось с помощью киловольтметра при плавном увеличении напряжения и фиксации появления частичного разряда с помощью осциллографа, интенсивность разрядов никак не должна превышать 2 пКл. Период приложения напряжения к изоляции кабеля составляло 1 минуту.

Существует методика, рекомендованная в ГОСТ 10345.2-78, согласно которой можно оценить дугостойкость полимерных пленок, применяемых для изготовления изоляции. Метод заключается в установление стойкости электроизоляционных материалов к воздействию дуги. Дугостойкость диэлектрика представляет собою способность выдерживать влияние электрической дуги без недопустимого смещения в худшую сторону его качеств.

Различают стойкость электроизоляционных материалов к воздействию электрической дуги при значительном (выше 1000 В) переменном напряжении и небольших токах и при воздействии дуги, формируемой постоянным напряжением вплоть до 1000 В. Выбор метода испытаний зависит от

особенностей испытуемого материала, его назначения и т.д. Электроды, с приложенным переменным напряжением располагаются близко к поверхности образца. Образующаяся электрическая дуга воздействует на испытуемый материал и вызывает появление токопроводящей перемычки среди электродов (рисунок 1.6).

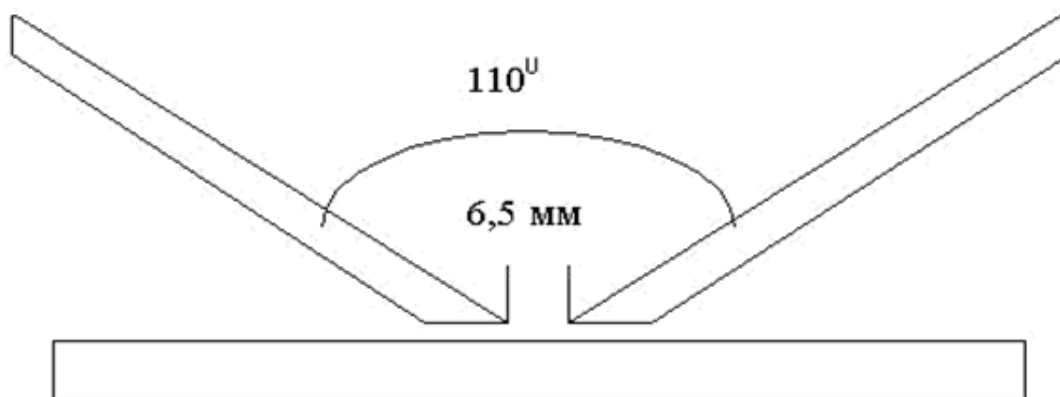


Рисунок 1.6 – Определение стойкости к воздействию электрической дуги напряжения переменного тока

Из-за шунтирования воздушного промежутка перемычкой дуга погасает. Подобным способом, момент появления перемычки фиксируется по погасанию дуги. Параметрами дугостойкости считается в данном случае ток  $I_d$  и время  $t_d$ , нужное для образования перемычки. Толщина образцов не меньше 3 миллиметров. Напряжение в электродах 12,5 кВ при токе от 10 вплоть до 100 миллиампер.

Следующий метод – установление стойкости электроизоляционных материалов к электротепловым нагрузкам.

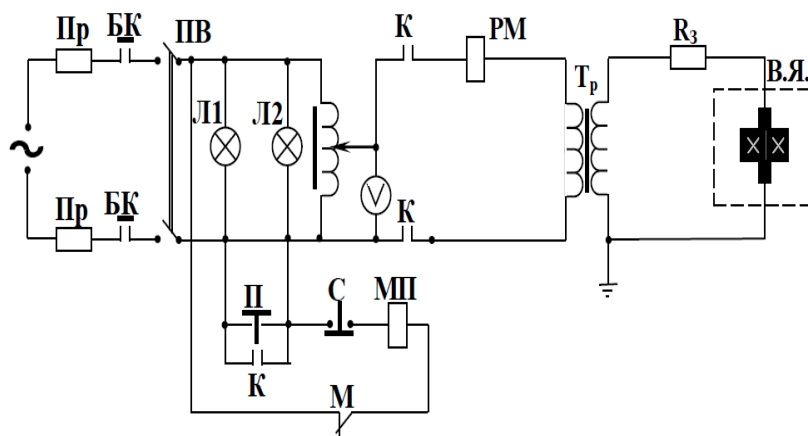


Рисунок 1.7 - Электрическая схема установки для испытаний изоляции.

Компоненты: В.Я. – высоковольтная ячейка; МП – магнитный пускатель; П., С – кнопки «Пуск», «Стоп»; БК – блокировка; Л1, Л2 – сигнальные лампы низкого и высокого напряжения; Пр – предохранительные вставки; РМ – реле максимального тока

Суть метода на тепловое старение изоляции сводится к тому, то что образцы помещаются в специальные шкафы, или камеры, в которых они выдерживаются в течении определенного времени при высоких температурах, как правило лежащих в пределах 60 -130°С в зависимости от используемого материала. В некоторых случаях, помимо влияния температуры на образцы, может даваться одновременно воздействие других факторов, к примеру, электрического поля. Для твердой изоляции более характерным считается постепенное снижение механической прочности в ходе теплового старения, что приводит к дефекту изоляции под воздействием механических нагрузок и далее к её пробую.

При работе от преобразователя частоты изоляция электродвигателя испытывает влияние наиболее высокого напряжения, чем при работе от источника синусоидального напряжения такой же амплитуды и частоты. Что приводит к появлению коронных разрядов в изоляции обмоток в ходе регулирования (изменения частоты) электрического привода.

Как результат, совершается быстрое старение изоляции, что влияет на уменьшении надежности и времени работы электрической машины. В особенности опасны подобные перенапряжения для межвитковой изоляции обмоток, как более слабого звена всей системы изоляции. Используемые до настоящего времени обмоточные провода для низковольтных обмоток изготавливались без учета стойкости к таким перенапряжениям, таким образом, как величины рабочих напряжений при эксплуатации АД были существенно меньше напряжения начала образования электрических разрядов в изоляции.

Использование новейших систем частотного регулирования электроприводом привело к изменению уровня электрических

эксплуатационных нагрузок. Что в свою очередь стало причиной ускоренного электрического износа изоляции с дальнейшим появлением пробоя. Помимо этого, обозначился ряд вопросов, связанных с разработкой, испытанием и использованием короностойких систем изоляции, решение которых даст возможность обеспечить необходимый уровень прочности в процессе эксплуатации.

В данной работе в особенности немаловажно определение способности пленочной изоляции кабеля, как главного элемента, который обеспечивает надежность витковой изоляции, выдерживать высокие электрические нагрузки.

В [9], обозначены следующие методы испытаний обмоток с пленочной изоляцией:

- Одноосное, двухосное напряжение
- Сопротивление раздиру
- Стойкость к многократным деформациям
- Химическая стойкость
- Горючесть
- Теплостойкость и морозостойкость
- Диэлектрические свойства

Для испытания электроизоляционных пленок применяют стандартные методы испытаний пленочных материалов, в которых регламентированы форма, размеры и число образцов, условия и порядок испытания, даны формулы для вычисления значений определяемого показателя и в некоторых случаях тип прибора. Испытания должны производиться при температурах и скоростях деформации, характерных для условий эксплуатации данной пленки. Рассмотрим каждый из методов подробнее.

Одноосное растяжение – образец пленки заданных размеров закрепляют в зажимах, один из которых связан с регистрирующим прибором, и растягивают в одном направлении до разрушения. При этом регистрирующее устройство

фиксирует прилагаемую нагрузку. Удлинение образца измеряется по смещению подвижного зажима. Одновременная регистрация нагрузки и удлинения дает кривую растяжения. Тангенс угла наклона этой кривой в начальном прямолинейном участке представляет собой модуль эластичности пленки для данных условий испытаний. Удлинение в момент разрыва рассчитывается по следующей формуле:  $\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0} \cdot 100$ ,  $l_0$  - начальная длина рабочего участка образца,  $l_p$  - длина рабочего участка в момент разрыва.

Двухосное растяжение – для этой цели используют специальные приборы, действие которых основано на передаче давления жидкости или газа через резиновую мембрану на образец, прочно закрепленный по периметру с помощью зажимного колпака. Деформация пленки измеряется с помощью стрелочного индикатора.

Сопротивление раздиру – это испытание проводят на обычных разрывных машинах, применяя образцы пленки особой формы при скорости растяжения 50 мм/мин или растягивая со скоростью 250 мм/мин предварительно надрезанную полоску пленки установленных размеров. Особенностью этих испытаний является, то что участок максимальной концентрации напряжения задается выбором формы образца или нанесение надреза.

Стойкость к многократным деформациям – используют прибор Фальцера, принцип действия которого основан на том, что образец пленки стандартных размеров многократно подвергается двойному изгибу с постоянными частотой и амплитудой деформации.

Химическая стойкость – определяется сохранением тех или иных свойств после воздействия жидких или газообразных химических веществ. Простейшим методом оценки химической стойкости пленок по отношению к той или иной среде является определение изменения внешнего вида и массы стандартных образцов после пребывания их в данной среде в строго регламентированных условиях.

Горючесть – определяется одним из стандартных методов: огневой трубы, распространения пламени, калориметрическим методом. За рубежом широкое распространение получил метод определения горючести по кислородному индексу путем измерения минимальной концентрации кислорода в смеси кислорода и азота при условии постепенного повышения концентрации кислорода до воспламенения образца. Достоинством метода является хорошая воспроизводимость результатов.

Морозостойкость – данные показатели определяют по граничным условиям эксплуатации полимерных пленок. Мерой морозостойкости служит температура хрупкости пленок, которую определяют, подвергая образец деформации изгиба после выдержки при пониженных температурах, например сдавливают образец в виде полоски, сложенной петлей и зажатой в зажиме. Появление трещин после деформации считается разрушением образца, а температура, при которой появились трещины в пяти образцах – температура хрупкости.

Под эксплуатационными нагрузками электрических машин понимается совокупность различных факторов, возникающих на этапе эксплуатации, в том числе электрическое, механическое и тепловое воздействие. При рассмотрении ЧРП с ШИМ необходимо также учитывать воздействие коронных разрядов.

Для того чтобы оценить воздействие эксплуатационных нагрузок, необходимо имитировать условия эксплуатации реальных обмоток электрических машин. Поэтому разработанное испытательное оборудование должно обеспечить распределение величин электрических напряжений таким же образом, как и в обмотках ЧРП с ШИМ.

Под эксплуатационными нагрузками электрических машин понимается совокупность различных факторов, возникающих на этапе эксплуатации, в том числе электрическое, механическое и тепловое воздействие. При рассмотрении ЧРП с ШИМ необходимо также учитывать воздействие коронных разрядов.

Для того чтобы оценить воздействие эксплуатационных нагрузок, необходимо имитировать условия эксплуатации реальных обмоток электрических машин. Поэтому разработанное испытательное оборудование должно обеспечить распределение величин электрических напряжений таким же образом, как и в обмотках ЧРП с ШИМ.

#### **1.4 Выводы, постановка задач на исследование**

Ознакомившись с процессами, протекающими в частотно регулируемом приводе на базе широтной импульсной модуляции, а также их воздействие на элементы системы, можно сделать следующие выводы:

При работе ЧРП на базе широтной импульсной модуляции возникают электрические перенапряжения, которые неблагоприятно влияют на срок службы межвитковой изоляции. Отсюда следует вывод, что способность изоляции должна выдерживать подобные нагрузки.

При исследовании стойкости межвитковой изоляции к повышенным электротепловым нагрузкам характерных для работы ЧРП на базе ШИМ является актуальной задачей, так как это позволит более обоснованно выбрать материал пленочной изоляции, обеспечить надежную работу при воздействии подобных нагрузок. Отсюда следует, что необходимо провести сравнительную оценку стойкости изоляции образцов.

Для достижения поставленной цели следует рассмотреть следующие задачи:

1.Разработать методику оценку стойкости с применением электродной системы по оценке стойкости межвитковой изоляции обмоток в системе ЧРП к воздействию электротепловых нагрузок.

2.Провести ряд сравнительных испытаний на стойкость межвитковой изоляции обмоток к электротепловым нагрузкам.

3.Разработать рекомендации по применению материалов для межвитковой изоляции обмоток с учетом особенностей эксплуатации в системах частотного регулирования.

## **4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Выпускная квалификационная работа заключается в оценке величин электрических нагрузок в частотно-регулируемом приводе и разработке рекомендаций по применению компонентов межвитковой изоляции.

Повышенный уровень эксплуатационных нагрузок при использовании частотно-регулируемого привода с широтно-импульсной модуляции обуславливает ужесточение требований по конструированию подобных электрических устройств, в том числе применение короностойких электроизоляционных материалов, обмоточных проводов.

Данные модификации приводят к удорожанию конечного продукта, что, безусловно, отражается на небольшом спросе.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности замены обмоточного пленочного провода короностойким.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести анализ существующих марок обмоточных проводов и планируемого рынка сбыта.
- Оценить конкурентоспособность инженерного решения.
- Разработать план и график по внедрению короностойких обмоточных проводов, составить смету расходов.

### **4.1.1 Предпроектный анализ**

Предпроектный анализ позволит установить соответствие интересов инвестора и участника. Необходимо произвести анализ рынка электроэнергетики в области диагностики силового электрооборудования, также необходимо определить потребителей, дать оценку готовности проекта к коммерциализации.

### **4.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.



Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей.

Например, сегментировать рынок по изготовлению пленочного состава для обмоточных проводов можно по следующим критериям: коронустойчивость к пробой, выполняемые функции (рис. 4.1).

		Функции		
		ППИУ-200	ППИУТ-200	ППИУКТ-200
Устойчивость	Крупная			
	Средняя			
	Мелкие			

Рисунок 4.1 - Карта сегментирования рынка по разработке пленочного состава



Испытательные лаборатории, исследовательские институты, заводы



Производства по изготовлению пленочного состава для кабелей

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке услуг по разработке пленочного состава не заняты конкурентами. Следовательно, выбираем пленочные составы для обмоток электродвигателя следующих типов: ППИУТ-200, ППИУКТ – 200.

## 4.2.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет провести оценку эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Данный анализ проведен с помощью оценочной карты. Для сравнения выбраны следующие виды пленочной изоляции для электрических обмоток асинхронного электродвигателя: пленка ППИУ-200 (в таблице 4.2  $B_{\text{Э}}, K_{\text{Э}}$ ), пленка ППИУКТ-200 (в таблице 4.2  $B_{\text{ПГ}}, K_{\text{ПГ}}$ ), пленка ППИУТ-200 (в таблице 4.2  $B_{\text{ППУ}}, K_{\text{ППУ}}$ ).

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\text{Э}}$	$B_{\text{ПГ}}$	$B_{\text{ППУ}}$	$K_{\text{Э}}$	$K_{\text{ПГ}}$	$K_{\text{ППУ}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Продолжительность проведения обработки	3/0,058	4	5	2	0,232	0,29	0,116
2.Технологическая простота	5/0,096	5	5	3	0,48	0,48	0,288
3.Радиус воздействия	4/0,77	4	5	3	0,308	0,385	0,231
4.Экологическая безопасность	3/0,058	5	5	4	0,29	0,29	0,232
5.Универсальность для разных типов двигателя	4/0,077	5	5	4	0,385	0,385	0,308
6.Технологическая безопасность	5/0,096	5	5	3	0,48	0,48	0,288
7.Эффективность	5/0,096	5	5	4	0,48	0,48	0,384
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Затраты электроэнергии	4/0,077	4	5	2	0,308	0,385	0,154
2.Уровень проникновения на рынок	2/0,038	3	4	3	0,414	0,308	0,114
3.Стоимость операции	5/0,096	5	5	4	0,48	0,48	0,384

Продолжение таблицы 4.2.

4.Продолжительность эффекта после обработки	5/0,096	5	5	4	0,48	0,48	0,384
5.Финсирование научной разработки	3/0,058	2	5	1	0,116	0,29	0,058
6.Наличие сертификации разработки	4/0,077	5	5	5	0,385	0,385	0,385
Итого	52/1				4,838	4,891	3,326

По результатам экспертной оценки, пленочная изоляция ППИУ-200 является более конкурентоспособной, чем пленочная изоляция ППИУКТ-200, однако уступает пленочной изоляции ППИУТ-200 ввиду низкого проникновения на рынок и недостатка источников финансирования.

#### 4.2.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ — метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие. Все факторы делятся на четыре категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы). Метод включает определение цели проекта и выявление внутренних и внешних факторов, способствующих её достижению или осложняющих его [5].

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	<b>Strengths</b> (свойства проекта, дающие преимущества перед другими в отрасли) 1. Уникальность продукции. 2. Востребованность. 3. Отсутствие конкурентов (нет аналогов в РФ). 4. Возможность проводить испытания доказывающие преимущества продукции. 5. Возможность совершенствования технологий, улучшения качества продукции.	<b>Weaknesses</b> (свойства, ослабляющие проект) 1. Низкая информированность потенциальных потребителей/ 2. Повышенная рыночная стоимость товара. 3. Изменения условий поставки и стоимости проводов. 4. Пассивность целевой группы.
--	---	--

Продолжение таблицы 4.3

	<p>6. Возможность участвовать в конференциях выставках, использовать интернет-ресурсы в целях рекламы.</p> <p>7. Тесное сотрудничество с производителем продукции.</p> <p>8. Разработки осуществляются при непосредственном участии ТПУ</p>	<p>5. Информационные материалы могут быть использованы конкурентами.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>1. Расширение круга клиентов, географической зоны.</p> <p>2. Распространение рекламы.</p> <p>3. Четко налаженные поставки.</p>	<p>Выход на новые рынки – репутация, гибкая ценовая политика, активная роль маркетинга, уникальность. Расширение производства – активная роль маркетинга, высокий профессионализм.</p>	<p>Низкая информированность – активная реклама. Устранение перебоев в поставках – тесные связи с производителем. Низкая прибыльность, дополнительные издержки – выход на новые рынки.</p>
	<p>Появление новых конкурентов – гибкая ценовая политика, активная роль маркетинга, репутация, акции. Низкий уровень входа на рынок – возможность участвовать в конференциях, выставках, использовать интернет-ресурсы в целях рекламы. Ужесточение условий сертификации – содействие ТПУ.</p>	<p>Низкая информированность потенциальных потребителей – Низкий уровень входа на рынок. Появление конкурентов – повышенная рыночная стоимость товара. Ухудшение поставок – сокращение потенциальных потребителей.</p>

Таким образом, чтобы поднять спрос на новый вид продукции, необходимо всесторонне информировать потенциальных клиентов путем проведения рекламных компаний. Нарботанная связь с поставщиками материала обеспечивает своевременное и гарантированное обслуживание.

## 4.2.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценим готовность проекта к коммерциализации, заполнив соответствующую таблицу.

Таблица 4.4 - Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3.Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4.Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6.Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7.Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3
10.Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	5
11.Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	1
14.Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	5
15.Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
ИТОГО БАЛЛОВ	45	47

По суммарным значениям баллов, итоговое значение составило 47. Можно сказать, что проект обладает перспективностью выше среднего. Значение позволяет говорить о готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Тем не менее, произведенная оценка готовности научной

разработки требует дальнейшего совершенствования проекта и более глубоких исследований в области маркетинга.

#### **4.2.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение финансирования для продолжения своих научных исследований и разработок (получение оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

Для данной разработки наиболее подходит инжиниринг, т.е. комплекс инженерно-консультационных услуг коммерческого характера по подготовке и обеспечению непосредственно процесса производства, обслуживанию сооружений, эксплуатации хозяйственных объектов и реализации продукции.

Возможна следующая схема коммерциализации: между НИ ТПУ и предприятием-заказчиком инжиниринговых услуг заключается хозяйственный договор. Исполнитель предоставляет необходимые материалы, купленные на средства предприятия-заказчика с использованием производственной базы НИ ТПУ, и услуги диагностики для предприятия-заказчика.

#### **4.3 Инициация проекта**

В рамках инициации определяются цели и содержание проекта, определяется объем финансирования. Определим заинтересованные стороны и их ожидания, результат сведем в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Руководитель проекта	Реализация проекта, получение гранта
Исполнитель проекта	Получение степени бакалавра
НИ ТПУ	Привлечение средств хозяйственных договоров, рост средней оплаты труда, рост рейтинга НИ ТПУ
Предприятия	Рост эффективности производства, качественное техническое обслуживание оборудования

Определим цели и результаты проекта, сведя их в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Проанализировать использование пленочной изоляции для обмоточного электродвигателя при различных условиях эксплуатации
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Отличия между тремя типами пленочных материалов, позволяющие выявить наиболее устойчивый к короностойкости
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Возможность обнаружения электрических и механических дефектов в обмотках при помощи модулированного напряжения. Определение вида дефекта. Высокая чувствительность. Упрощение процесса диагностики.
<b>Требования к результату проекта:</b>	Повышение эффективности и чувствительности диагностики
	Упрощение диагностики силового электрооборудования

### 4.3.1 Организационная структура проекта

Исполнителей и их роли в создании проекта сведем в таблицу 4.7

Таблица 4.7 Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо – затраты, час.
1.Леонов Андрей Петрович, НИ ТПУ, Доцент, к.т.н.	Руководитель проекта	1. Анализ имеющихся технических решений и результатов. 2. Проведение экспериментов	320
2.Леонов Андрей Петрович, НИ ТПУ, Доцент, к.т.н.	Эксперт проекта	Анализ имеющихся технических решений и результатов.	52
3.ПунченкоДмитрийОлегович, НИ ТПУ, Студент группы 5А6Л	Исполнитель проекта	1. Подготовка и проведение экспериментов. 2. Анализ результатов экспериментов. 3. Анализ имеющихся технических решений и результатов.	980
<b>Итого:</b>			<b>1352</b>

### 4.3.2 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также “границы проекта” – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта.



Таблица 4.8 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения / допущения
Бюджет проекта	600 000 рублей
Источник финансирования	Заводы изготовители
Сроки проекта	150 дней
Дата утверждения плана управления проектом	10.01.20
Дата завершения проекта	15.06.20
Прочие ограничения и допущения	Испытания проводить в условиях работы термошкафа не более 200°C из-за риска возникновения озона

#### 4.4 Планирование управления научно-техническим проектом

Особенность НИР в энергетической области — это ее неповторимость, сложность и уникальность. Последовательность выполнения научно-исследовательской работы, а также ее содержание зависят от предмета исследования, сложности научно-исследовательской работы, актуальности и новизны темы.

##### 4.4.1 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты.

Таблица 4.8 – Контрольные события проекта

Контрольное событие	Дата	Результат
1. Составление ТЗ и его утверждение, разработка плана-графика	10.01.20	Составление плана работ
2. Начало изучения литературы	15.01.20	Составление схемы экспериментальной установки
3. Подбор необходимых материалов	11.02.20	Сборка экспериментальной установки
4. Снятие первых характеристик	01.03.20	Проверка работоспособности установки

5. Испытание образцов повышенным напряжением	09.03.20	Проверка эффективности образцов при повышенных нагрузках
6. Вывод о проведенных экспериментах	25.03.20	Написание основной части
7. Разработка направлений коммерциализации проекта	22.04.20	Заключение договора с предприятием - заказчиком и получение прибыли

#### 4.4.2 План проекта

В таблице 4.9 представлен список выполняемых работ по проекту, продолжительность и стоимость каждой работы, а также количество задействованных рабочих.

Таблица 4.9 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Поиск заказчика, заключение контракта	7 дней	10.01.20	17.01.20	Руководитель
2	Сбор информации и формирование концепции проекта	23 дня	18.01.20	11.02.20	Инженер
3	Разработка и утверждение плана работ заказчиком	7 дней	12.02.20	19.02.20	Руководитель
4	Доставка и приемка образцов заказчиком	22 дня	20.02.20	12.03.20	Инженер
5	Входной контроль и испытания опытных образцов	14 дней	13.03.20	27.03.20	Инженер
6	Анализ результатов испытаний	19 дней	28.03.20	17.04.20	Инженер
7	Сравнение с аналогами, выявление преимуществ	13 дней	18.04.20	01.05.20	Инженер
8	Разработка рекламных материалов	7 дней	02.05.20	09.05.20	Руководитель

Продолжение таблицы 4.9

9	Подготовка и сдача отчета по проекту	15 дней	10.05.20	25.05.20	Инженер
Итого		Инженер			106
		Руководитель			21

Диаграмма Гантта – тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. [5]

Таблица 4.10 – Календарный план-график проведения НИОКР

Код работы	Вид работы	Исполнители	Т, кал. Дн.	Продолжительность работ														
				Янв.		Февр.			Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Поиск заказчика, заключение контракта	Руководитель	7															
2	Сбор информации и формирование концепции проекта	Инженер	23															
3	Разработка и утверждение плана работ заказчиком	Руководитель	7															
4	Доставка и приемка образцов заказчиком	Инженер	22															
5	Входной контроль и испытания опытных образцов	Инженер	14															
6	Анализ результатов испытаний	Инженер	19															
7	Сравнение с аналогами, выявление преимуществ	Инженер	13															
8	Разработка рекламных материалов	Руководитель	7															

Продолжение таблицы 4.10.

9	Подготовка и сдача отчета по проекту	Инженер	15														
---	--	---------	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Инженер  Руководитель

#### 4.4.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблицу 4.10.

Таблица 4.11- Сырье, материалы и комплектующие изделия

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб.
АД с стандартным обмоточным проводом	ППИУТ-200	10 шт	7985,2	79852
АД с короностойким обмоточным проводом	ППИУКТ-200	10 шт	8020,9	80209
ОП стандартная оплетка	ППИУ-200	10 шт	828,26	8282,6

Продолжение таблицы 4.11.

Пленочный состав обмоток двигателя	5x10	30 шт	59,1	1772,5
Трубки электроизоляционные	Металлическая 50x100	5 шт	240	1200
Итого за материалы и изделия				171316,1
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				8565,8
Итого по статье <i>См</i>				179881,9

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 4.12- Специальное оборудование для экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб	Общая стоимость оборудования, тыс.руб
1.	Выключатель автоматический однополюсный IEK С ВА47-29 16 А	2 шт.	112	224
2.	Осциллограф Tektronix TDS 1012B	1 шт.	51780	51780
3.	Щуп осциллографа	1 шт.	699	699
4.	Термошкаф	1 шт.	32290	32290
5.	Мультиметр MASTECH MAS830	1 шт.	850	850
Итого				85843

Т.о., общие затраты на опытный образец составили 265724,9 руб.

В рамках хоздоговорных работ предполагается компенсация трудозатрат руководителя и исполнителей проекта. Определим их, руководствуясь среднедневным размером оплаты труда, принятым в ТПУ.

Основная заработная плата сотрудника (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИР и определяется по формуле:

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (1)$$

где  $Z_{осн}$  - основная заработная плата, руб;

$Z_{доп}$  - дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (2)$$

где  $T_{раб}$  - продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{дн}$  - среднедневная заработная плата работника, руб./день.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}}, \quad (3)$$

где  $Z_m$  - месячный должностной оклад работника, руб./мес.;

$M$  - количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\partial}$  - действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала. Составляет 247 дней.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\partial} \cdot k_p, \quad (4)$$

где  $Z_{\partial}$  - базовый оклад, руб./мес.;

$k_p$  - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Таблица 4.13- Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_o$ , руб/мес	$k_p$	$Z_m$ , руб/мес	$Z_{дн}$ , руб/день	$T_{раб}$ , раб.дн	$Z_{осн}$ , руб
Инженер	17000	1,3	22100	931	106	98686
Руководитель	26300	1,3	34190	1440	21	30240
Итого	43300		56290	2371		128926

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} \quad (5)$$

Таблица 4.14 - Заработная плата

Заработная плата	Инженер	Руководитель	Сумма
Основная зарплата	98686	30240	128926
Дополнительная зарплата	11842	3629	15471

Итого $C_t$	144397
-------------	--------

#### Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{соц} = k_{внеб} \cdot C_{ЗП} \quad (6)$$

где  $k_{внеб}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 0,271, т.к. заключался хозяйственный договор с НИ ТПУ.

$$C_{соц} = 0,271 \cdot 144397 = 39131,59 \text{ руб.}$$

#### Затраты на оформление патента

Благодаря оформлению патентов на различные товары, способы создания изделий и т. д., есть возможность обеспечить защиту от контрабандного производства изделий, и не иметь проблем с законом, если вдруг на создаваемый товар получают патент и ваши конкуренты. Также авторство на патенты дает возможность вам получить доход от того, что вы передадите права на его применение другим лицам. Согласно законам РФ, изобретением может быть признано то или иное техническое решение различных отраслей, которое относится к продукту или способу его производства. На 2020 г. стоимость оформления патента составляет приблизительно 8000 руб.

#### Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Накладные расходы составляют 80-100 % бюджета проекта.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (7)$$

$$C_{накл} = 0,8 \cdot (128926 + 15471) = 115518 \text{ руб}$$



Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Сырье, материалы	Специальное оборудование	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Оформление патента	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
179881,9	85843	128926	15471	39131,59	8000	115518	572770,2

#### 4.4.4 Реестр рисков проекта

Таблица 4.16 – Реестр рисков

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1. Отсутствие методики определения дефекта	Отсутствие спроса на технологию, снижение эффективности	3	2	Высокий	Выявление закономерностей диагностик и	Отсутствие экспериментальных и теоретических исследований
2. Низкое качество диагностики	Снижение спроса на технологию, снижение эффективности	4	4	Низкий	Жесткие требования к персоналу	Низкая квалификация персонала
3. Отсутствие финансовой	Приостановка НИОКР	2	1	Высокий	Поиск инвесторов	Отсутствие

поддержки проекта						инвесторо в
----------------------	--	--	--	--	--	----------------

#### 4.5 Оценка научно-технического уровня разработки

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности проекта используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности разработки.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$I_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i \quad (8)$$

где  $I_{НТУ}$  - интегральный индекс научно-технического уровня

$R_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта

$n_i$  - количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 4.17 – Оценка научно-технического уровня разработки

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Относительно новая	4	Облегчит проведение испытаний качества изоляции. Повысит уровень техники безопасности.

0,4	Теоретический уровень	Разработка способа	6	Разработка принципиальной схемы и повышение
-----	-----------------------	--------------------	---	---

Продолжение таблицы 4.17.

				короностойкости проводов в целом.
0,2	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Быстрое наполнение базы клиентов

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня для нашего проекта составляет:

$$I_{НТУ} = 0,4 \cdot 4 + 0,4 \cdot 6 + 0,2 \cdot 10 = 1,6 + 2,4 + 2 = 6$$

Таблица 4.18 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Высокий НТУ

Таким образом, исходя из данных таблицы 4.16, данный проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

### **Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

1. Анализ отечественного и зарубежного рынка показал, что в настоящее время существует проблема увеличения надежности ЧРП с ШИМ. На территории Российской Федерации только один завод занимается производством короностойких проводов – ЗАО «Сибкабель», а приобретение

зарубежных аналогов включает в себя дополнительные расходы и увеличение сроков доставки.

2.Оценка конкурентоспособности, приведенная в данном разделе, показала целесообразность разработки и внедрения короностойкого обмоточного провода.

3.Разработан план внедрения нового типа обмоточных проводов, составлена смета расходов, диаграмма Гантта, итоговая себестоимость проекта составила 572770,2 тысяч рублей.

Таким образом, проект по разработке и внедрению короностойких обмоточных проводов является эффективным и экономически целесообразным.

## 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Возникновение преждевременных отказов, широко применяемых в частотно-регулируемых приводах с широтно-импульсной модуляцией, подтолкнуло к изучению причин их выхода из строя. Оказалось, что на лобовых частях обмотки, воздушных порах возникают перенапряжения, так называемые коронные разряды, которые ускоряют процессы старения изоляции. Для исследования данной проблемы на базе лаборатории ТПУ был разработан и смонтирован комбинированный учебно-лабораторный стенд для проведения высоковольтных и высокочастотных испытаний изоляции обмоточных проводов и систем изоляции обмотки на стойкость к действию коронных разрядов.

В процессе испытаний возникает опасность поражения людей электрическим током, получение ожога при работе с термошкафом и образуются продукты распада при старении изоляции (озон). Пожар выступает в качестве возможной чрезвычайной ситуации на рабочем месте.

Рассматриваемое рабочее место инженера-проектировщика находится в лабораторном помещении. Месторасположение инженера-проектировщика находится в 8 корпусе в 227 аудитории. Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 – Система стандартов безопасности труда [22]. Оно должно занимать площадь не менее  $4,5 \text{ м}^2$ , высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее  $20 \text{ м}^3$  на одного человека. По факту: площадь аудитории составляет  $22 \text{ м}^2$ , высота 4м, объем  $20 \text{ м}^3$ . Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. 90 мм. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте. Имеется испытательная установка, а именно термошкаф с соответствующей вентиляцией.

Рабочее место сотрудника аудитории 227, 8 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [22].

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

### **5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов. Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда. Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей. Рассмотрим регулирование коллективных отношений. Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых

отношений. По заключенному коллективному договору работодатель обязан:

- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;
- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности, постоянно совершенствовать организацию оплаты и стимулирования труда, обеспечить материальную заинтересованность работников в результатах их труда;
- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату в сроки, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, настоящими Правилами, трудовыми договорами;
- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном ТК РФ;
- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный вред в

порядке и на условиях, которые установлены ТК РФ, федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ;

- принимать необходимые меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных или других заболеваний работников, своевременно предоставлять льготы и компенсации в связи с вредными (опасными, тяжелыми) условиями труда (сокращенный рабочий день, дополнительные отпуска и др.), обеспечивать в соответствии с действующими нормами и положениями специальной одеждой и обувью, другими средствами индивидуальной защиты;
- Постоянно контролировать знание и соблюдение работниками всех требований инструкций по охране труда, производственной санитарии и гигиене труда, противопожарной безопасности;

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарногигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

## **5.2 Производственная безопасность**

В разделе производственной безопасности с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.



### 5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Образующийся в процессе старения изоляции озон по параметрам острой токсичности относится к 1 классу опасности. Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [20]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы.

Таблица 5.1 Опасные и вредные факторы при выполнении работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Повышенный уровень озона			+	1. ГОСТ 31829-2012 Оборудование озонаторное. Требования безопасности [24]. 2.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и
2.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
3.Повышенный уровень шума на рабочем месте		+	+	
4.Неудовлетворительный микроклимат	+	+	+	

5.Повышенный уровень напряженности		+	+	совмещенному освещению жилых и общественных зданий [30] 3. СанПиН 2.2.4.3359- 16 «Санитарно- эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [21] 4.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [23]
--	--	---	---	--

### 5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Образующийся в процессе старения изоляции озон по параметрам острой токсичности относится к 1 классу опасности. Предельно допустимая концентрация (ПДК) озона в воздухе рабочей зоны – 0,1 мг/м<sup>3</sup>, максимальная разовая ПДК озона в атмосферном воздухе – 0,16 мг/м<sup>3</sup>, средняя суточная ПДК озона в атмосферном воздухе – 0,03 мг/м<sup>3</sup> согласно ГН 2.2.5.1313. – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. [19] При вдыхании высоких концентраций озона (9 мг/м<sup>3</sup>) и выше может появиться кашель, раздражение глаз, головная боль, головокружение и загрудинные боли. Для защиты персонала от

воздействия озона обязательно систематическое проветривание помещения после получаса работы установки. Иным способом является установка вытяжки.

### ***Отклонение показателей микроклимата***

Микроклимат производственных помещений определяется совокупным воздействием на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха, теплового излучения нагретых поверхностей.

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда

Влияние микроклимата на самочувствие человека значимо и существенно, а переносимость температуры во многом зависит от скорости движения и влажности окружающего воздуха - чем выше показатель относительной влажности, тем быстрее наступает перегрев организма.

Недостаточная влажность, в свою очередь, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами

Микроклимат различных производственных помещений зависит от колебаний внешних метеорологических условий, времени дня, года, особенностей производственного процесса и систем отопления и вентиляции.

Деятельность работника относится к классу работ с интенсивностью энергозатрат 120 – 150 ккал/час. В производственных помещениях, в которых работа с лабораторными стендами является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно – эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. Допустимые параметры воздуха можно вполне обеспечить с помощью систем вентиляции. Чистота воздуха (в зоне пребывания людей) в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005–88 [25], должны

отсутствовать местные вредные и неприятные потоки воздуха и застойные места, при этом содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций.

Таблица 5.2 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	17 – 19 °С
	Относительная влажность	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,3 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	20 – 22°С
	Относительная влажность	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	0,2 – 0,5 м/с

Таблица 5.3 – Допустимые нормы микроклимата

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	15 – 16,9 °С
	Относительная влажность	15 – 75 %
	Скорость движения воздуха	0,2 – 0,4 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	16 – 18,9 °С
	Относительная влажность	15 – 75 %
	Скорость движения воздуха	до 0,5 м/с

Для обеспечения достаточного постоянного и равномерного нагревания воздуха в рабочих аудиториях в холодный период года используется отопление. Температуру в помещении следует регулировать с учетом тепловых потоков от оборудования.

С целью поддержания параметров микроклимата в допустимых пределах, а также комфортные условия работы магистрантов применяется кондиционирование воздуха. Кондиционирование воздуха обеспечивает поддержание параметров микроклимата в течение всех сезонов года.

### ***Повышенный уровень шума***

Шум – один из наиболее распространенных вредных факторов производственной среды. Основные производственные процессы, сопровождающиеся шумом – это работа насосов, вентиляторов и др. Под действием шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. Влияние шума на слуховой анализатор проявляется в ауральных эффектах, которые, главным образом, заключаются в медленно прогрессирующем понижении слуха по типу неврита слухового нерва (кохлеарный неврит). Подвергающиеся шумовому воздействию люди, чаще всего жалуются на головные боли, которые могут иметь разную интенсивность и локализацию, головокружение при перемене положения тела, снижение памяти, повышенную утомляемость, сонливость, нарушения сна, эмоциональную неустойчивость, снижение аппетита, потливость, боли в области сердца, согласно ГОСТ 12.1.003-2014. – ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [27]

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах является 80 дБА. [21]

Источником шума при работе на установке является импульсный трансформатор, входящий в состав электронно-измерительного блока. Для уменьшения шумового воздействия на человека используются индивидуальные и коллективные средства защиты. Противошумные наушники и вкладыши могут использоваться, как средства индивидуальной защиты, согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. [29]

### ***Недостаточная освещённость рабочей зоны***

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может являться причиной травматизма.

Основные требования, которые предъявляются к освещению, заключаются в том, чтобы с его помощью создать наиболее благоприятные условия для работы зрительного аппарата человека.

Помещение должны иметь естественное и искусственное освещение. Освещенность рабочей поверхности должна составлять 300-500 лк.

В лаборатории должны быть соблюдены все требования СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03[30].

Произведем расчет искусственного освещения для рабочей лаборатории № 227 8 корпуса ТПУ, в которой проходят лабораторные работы по дисциплине «Физика электриков». Лаборатория имеет следующие размеры:

ширина – 6,5 м,

длина - 8 м,

высота – 3 м,

площадь - 52 м<sup>2</sup>.

Порядок расчёта:

- 1) выбор типа светильников,
- 2) определение количества светильников,
- 3) определение мощности источников света.

В лаборатории предусмотрено общее равномерное освещение, для которого применяются люминесцентные лампы типа ЛБ (лампы белого цвета), для которых используется светильник типа ОД - 2-30 (длинной 933 мм, шириной 204 мм). Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

$H$  - высота помещения (4 м);

$h_c = H - h_n$  - расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n$  - высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_p$  - высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_p$  - расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью;

$L$  - расстояние между соседними светильниками или рядами;

$l$  - расстояние от крайних светильников или рядов до стены (оптимальное расстояние / рекомендуется принимать равным  $L/3$ );

$\lambda$  - интегральный критерий оптимальности расположения светильников.

Для светильника типа ОД - 2-30  $h_n = 4$  м. Тогда  $h_c = 4 - 3 = 1$  м.

Учитывая, что  $h_p = 0,7$  м, найдём  $h = h_n - h_p = 3 - 0,7 = 2,3$  м.

Для светильников типа ОД  $\lambda = 1,4$ , поэтому

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,3 = 3,22 \text{ м}$$

$$l_a = \frac{\lambda}{3} = \frac{3,22}{3} = 1,07 \text{ м}$$

$$l_b = \frac{6,5 - 2 \cdot 0,204 - 1 \cdot 3,22}{2} = 1,436 \text{ м}$$

На основе данных расчетов рекомендуется разместить светильники в 2 ряда. В каждом из которых можно установить 3 светильника типа ОД - 2 мощностью 30 Вт. При этом разрывы между светильниками в ряду составят 0,3 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено по две лампы, общее число ламп в помещении составит  $(3 * 2) * 2 = 12$ .

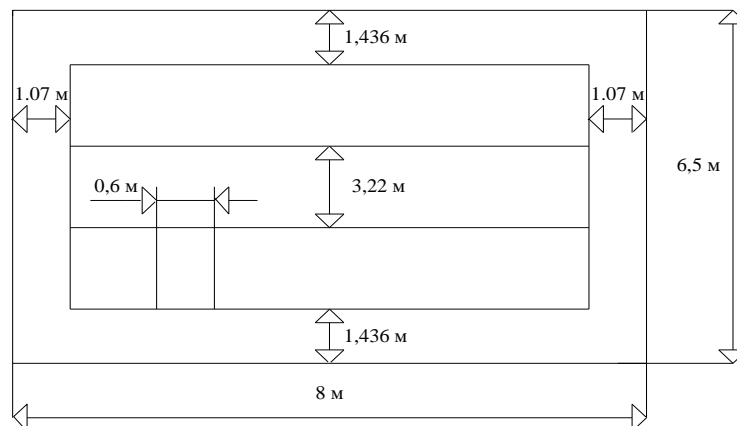


Рисунок 1 – План помещения и размещения светильников

Расчет общего равномерного освещения выполняется методом коэффициента светового потока определяется по формуле:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta}$$

где  $E_n$  - нормируемая минимальная освещенность (для данной категории помещений  $E_n = 400$  лк) ;

$S$  - площадь освещаемого помещения (52 м<sup>2</sup>);

$K_3$  - коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, запыленность ( $K_3 = 1,5$  - для помещений с малым выделением пыли);

$Z$  - коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп берется равным 1,1);

$n$  - число ламп (12);

$\eta$  - коэффициент использования светового.

Расчет индекса помещения осуществляется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (a+b)}$$

где  $S$  - площадь помещения (52 м<sup>2</sup>);

$h$  - высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (2,5 м);

$a, b$  - длина и ширина помещения ( $a = 8$  м;  $b = 6,5$  м).

В результате  $i = \frac{52}{2,3 \cdot (8+6,5)} = 1,56$ .

Коэффициенты отражения  $\rho_c$  и  $\rho_n$  имеют следующие значения:

$\rho_c = 50\%$  (стены свежепобеленные с окнами без штор);  $\rho_n = 70\%$  (потолок свежепобеленный).

Для полученных значений  $\rho_c$ ,  $\rho_n$  и  $i$  коэффициент использования светового потока  $\eta = 53\%$ , или  $\eta = 0,53$ . Подставляя полученные значения в формулу, найдем значение минимально требуемого светового потока для рабочей аудитории:



$$F = \frac{300 \cdot 52 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,53} = 4047 \text{ лк.}$$

1. Рассчитав световой поток F, зная тип лампы, выберем ближайшую стандартную лампу и определим электрическую мощность всей осветительной системы. Ближайшая стандартная лампа - ЛД 80 Вт с потоком 4250 лк. Напряжение сети 220 В. По результатам данного расчета можно сделать следующий вывод. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 – Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. [30] В рабочей аудитории с размерами 6,5 x 5 x 4 м. со свежепобеленными потолком и стенами, с окнами без штор следует использовать 6 светильников типа ОД – 2-30 с люминесцентными лампами ЛБ мощностью 80 Вт с потоком 4250 лк.

#### *Электробезопасность:*

Электрический ток, проходя через живой организм, оказывает термическое, электролитическое, биологическое действия. Термическое действие проявляется в ожогах, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, перегреве сердца, мозга и других органов, что вызывает в них функциональные расстройства. Электролитическое действие проявляется в разложении органической жидкости, в том числе крови, что вызывает значительное нарушение ее состава, а также ткани в целом. Биологическое действие выражается в нарушении внутренних биоэлектрических процессов.

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;

Лабораторию, по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности, согласно ПУЭ [26].

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению. Требуемые значения напряжений прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года. Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю. В электроустановках напряжением выше 1 кВ для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление открытых проводящих частей. В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого обнаружения замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение по всей электрически связанной сети в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяные разработки и т.п.).[27]

Перед началом эксплуатации электроустановки:

- необходимо проверить исправность защитного заземления и средства автоматического отключения питания;
- запрещается пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими электроустановочными изделиями.

В помещение, которое по окончании работ закрывается и не контролируется дежурным персоналом, все электроустановки и электроприборы должны быть обесточены (за исключением дежурного освещения, автоматических установок пожаротушения, пожарной и охранной сигнализации, а также электроустановок, работающих круглосуточно). [29,30]

### **5.3 Экологическая безопасность.**

В результате в диссертационной работе будет исследована зависимость, которая, возможно, позволит разработать рекомендации по улучшению электрофизических и механических характеристик изоляции для обмоточных проводов, непосредственно на этапе ее производства и эксплуатации.

С одной стороны, увеличение стойкости изоляции к различным воздействиям приведет к увеличению срока службы, что в свою очередь положительно скажется на количестве отходов - большой срок службы позволяет уменьшить потребность и соответственно сократить количество отходов в год.

Но с другой - улучшение стойкости пленки приведет к увеличению продолжительности их разложения. То есть со временем все больше и больше отходов будут храниться в земле. Решением этой проблемы является, во-первых, разработка и использование технологий, позволяющие максимально экологично перерабатывать полимеры, у которых закончился срок службы. Во-вторых, проблема должна решаться и за счет эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями. Использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.1.004-91. [36] По пожарной, взрывной, взрывоопасной опасности лаборатория, в которой производились испытания относятся к категории Д – негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Лица допускаются к работе на электроустановки после прохождения первичного инструктажа. Обучение лиц мерам пожарной безопасности осуществляется путем проведения повторного инструктажа один раз в год. [32]

Причинами возгорания электроустановки могут служить:

- несоблюдение техники безопасности;
- короткое замыкание (в случае неисправности блокировок, средств автоматического отключения питания);
- перегрев токоведущих частей и электроизмерительного блока.

Помещение, в котором производилось исследование(лаборатория), оборудовано пожарной сигнализацией. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1 [33]

### **5.5 Выводы по разделу**

Основным фактором, влияющим на производительность людей, работающих с учебно-лабораторным стендом, являются комфортные и безопасные условия труда. Условия труда магистрантов в рабочей аудитории характеризуются возможностью воздействия на них следующих производственных факторов: шума, тепловыделений, выделение вредных веществ, а именно выделение озона, действие микроклимата, недостаточной освещённости, параметров технологического оборудования и рабочего места.

Как итог, проанализировали вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке электродной системы узла. Выявили предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате разработки и реализации магистерской диссертации. Затем указали вероятный вид ЧС, источник возникновения и разработали превентивные меры по предупреждению возникновения. Отсюда следует, что рабочее место сотрудника аудитории 227, 8 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 – ССБТ [22].

Таким образом, в разделе социальная ответственность были рассмотрены вопросы техники безопасности при работе с электрооборудованием на напряжение свыше 1 кВ, а также проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека. Были отмечены также источники негативного воздействия, меры коллективной и индивидуальной защиты [37].

## **Заключение**

При выполнении выпускной квалификационной работы был проведен литературный обзор, в котором рассматривались основные электроизоляционные материалы и обмоточные провода, применяемые при изготовлении электрических двигателей, также были изучены методы определения стойкости межвитковой изоляции к электрическим разрядам и пути их повышения надежности изоляции двигателей.

В методической части была приведена методика определения стойкости пленочной изоляции обмоточных проводов к действию коронных разрядов, основанная на помещении образцов провода с применением разработанной нами электродной системы и измерении среднего времени до пробоя.

В экспериментальной части приведены результаты по оценке стойкости изоляции обмоточных проводов и межвитковых систем изоляции к воздействию коронных разрядов на высокочастотном лабораторном стенде.

В разделе менеджмент был исследован планируемый рынок сбыта короностойких обмоточных проводов, оценена конкурентоспособность инженерного решения, разработан план и график внедрения проводов. В результате, была представлена экономическая эффективность и целесообразность применения короностойких обмоточных проводов.

В разделе социальная ответственность рассмотрены вопросы техники безопасности при работе с электрооборудованием на напряжение свыше 1 кВ, а также проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека.

## Список используемых источников

1. Типы асинхронных двигателей, разновидности, какие бывают двигатели » Школа для электрика: электротехника и электроника [Электронный ресурс] <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/1634-tipy-asinkhronnykh-dvigatелеjj.html>
2. Бернштейн Л.М. Изоляция электрических машин общего назначения. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 376 с.,
3. Частотное регулирование электроприводов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.e-audit.ru/chrp/index.shtml>
4. Пешков И.Б. Обмоточные провода: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1995. -416 с.:
5. Входные и выходные фильтры для частотного преобразователя - назначение, принцип действия, подключение, особенности » Школа для электрика: электротехника и электроника [Электронный ресурс]. <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/1970-vkhodnye-i-vykhodnye-filtry-dlja.html>
6. ГОСТ 28114-89. Метод измерения частичных разрядов
7. ГОСТ 10345.2-78. Метод определения стойкости к действию электрической дуги
8. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин: в 2 кн. / под ред. В. Г. Огонькова, С. В. Серебрянникова. — М.: Изд-во МЭИ, 2012 Кн. 2. — 2012. — 302 с.: ил.. — Библиогр.: с. 295-302.. — ISBN 978-5-383-00751-8.
9. Астахин В.В. Трезов В.В. Суханова И.В .: Электроизоляционные лаки, пленки и волокна. Москва : Химия, 1986 – 157 с.
- 10.ГОСТ Р МЭК 60851-5— 2008. Провода обмоточные. Методы испытаний
- 11.Провод ППИ-У – КамКабель [Электронный ресурс]. <https://www.kamkabel.ru/production/catalog/kabeli-i-provoda->

12. Койков С.Н., Цикин А.Н. Электрическое старение твердых диэлектриков, 1968. 186с.
13. Андрианов В.К., Пешков И.Б., Мещанов Г.И., Бураков О.Б. Короностойкий обмоточный провод // Патент на изобретение 2008133291/22 опубл. 27.09.2009
14. Койков С.Н., Фомин В.А. Разрушение полиэтиленовой пленки в газовом разряде, направленном перпендикулярно и параллельно поверхности пленки. 1969, 11Б, с. 224-228.
15. Дудкин А.Н., Ким В.С. Электротехническое материаловедение. Учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2004. – 198 с.
16. Чайникова Л.Н. Конкурентоспособность предприятия: учеб. пособие / Чайникова Л.Н., Чайников В.Н., - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 192 с.
17. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
18. Пешков И.Б. Обмоточные провода: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1995. -416 с.:
19. Провода медные круглые, пленочные, короностойкие с двухслойной изоляцией, с температурным индексом 200//Каталок продукции ЗАО «Сибкабель»
20. ГН 2.2.5.1313. – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1998
21. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

- 22.СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах
- 23.ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 24.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
- 25.ГОСТ 31829-2012 Оборудование озонаторное. Требования безопасности
- 26.ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
- 27.СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
- 28.ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 29.СНиП П–12–77. Защита от шума.
- 30.ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
- 31.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 –Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий
- 32.Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. - Томск: Изд. ТПУ, 2004. - 15 с.
- 33.Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд
- 34.ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 35.ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
- 36.ГОСТ 12.1.030-81. Защитное заземление, зануление.
- 37.ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. И-1-1-95. (с изменениями № 1).



- 38.Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ. О пожарной безопасности.
- 39.НПБ 166-97. Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации.
- 40.ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.